

## 諫早湾干拓調整池の懸濁性物質の挙動に関する基礎的研究

三樹祐太\*・V.ナルモン\*\*・永瀬真豪\*・平林啓太\*・古賀憲一\*\*

Basic Study on the Behaviour of Suspended Solids in the Reservoir  
of the Isahaya Bay Reclamation Project

By

Yuta Mitsugi, Narumol Vongthanasunthorn, Shingo Nagase, Keita Hirabayashi and Kenichi Koga

**Abstract:** Main purpose of this study is to analyze characteristics of suspended solids (SS) in the reservoir of the Isahaya Bay Reclamation Project. By calibrating the developed water quantity model with observed chloride concentration, an important phenomenon viz. seawater seepage from the Ariake Sea is recognized. Water quality model is developed focusing on suspended solids. The results obtained from the developed models show good agreement with the observed data. Through sensitivity analysis, it is revealed that coagulation flocculation by seawater affects settling velocity of SS in the reservoir. Moreover, contributions of pollutant load discharged from the watersheds, release and resuspension from the bottom mud and settlement with flocculation are examined using the developed models. Finally, prediction of SS in the reservoir of the Isahaya Bay Reclamation Project indicates that SS will become lower when there is seawater inflow from the Ariake Sea.

**Key words:** Water Quality Modeling, SS, Coagulation, Flocculation, Isahaya Bay reclamation project, Finite-volume model

## 1. は じ め に

本研究で対象とする諫早湾干拓事業は、諫早市及び雲仙市の地先水面を潮受堤防により締め切り、調整池及びそれを水源とする灌漑用水が確保された大規模で平坦な優良農地を造成し、生産性の高い農業を実現するとともに、背後低平地において、高潮、洪水、常時排水不良等に対する防災機能を強化することを目的に推進された。事業の実施に当たっては、長崎県環境影響評価事務指導要綱(昭和55年7月1日)に基づき、環境影響評価を行い昭和61年12月に「諫早湾干拓事業計画に係る環境影響評価書」が取りまとめられた。その後、排水門の規模・位置などの変更に伴い改めて環境影響評価を行い、平成4年1月に「諫早湾干拓事業計画(一部変更)に係る環境影響評価書」が取りまとめられた。これら環境影響評価では、調整池水質についてCOD 5mg/L、T-N 1mg/L、T-P 0.1mg/Lとする水質目標が設定された<sup>(1), (2)</sup>。

潮受け堤防は、平成9年4月の締め切り工事終了後、平成11年3月に完成し、平成13年に干陸面積規模の縮小、平成19年11月20日の完工式を持って竣工した。諫早干拓調整池は流域河口部に位置し、洪水時には高い陸域負荷が流入するために水質悪化が懸念されており、潜堤等の水質保全対策が進められている一方で、諫早干拓調整池に関連する調査・研究等も多方面にわたり進められている<sup>(3)~(10)</sup>。

平成14年4月~5月には、有明海全体としての環境改善の方策を講ずるための総合的な調査の一環として、諫早湾干拓事業が有明海の環境に及ぼしているとされる影響の度合いの解明に向け、短期の開門調査を含む開門総合調査が実施された<sup>(11), (12)</sup>。

その後、「諫早湾干拓事業の潮受け堤防の排水門の開門調査に係る環境影響評価」の方法書、準備書が公表され、現在、評価書の公表までに至っている<sup>(13), (14)</sup>。

また、諫早湾干拓事業に係る潮受け堤防の開門調査については、福岡高等裁判所の控訴審判決が確定し、平成25年12月までに開門調査を実施することが決定された<sup>(14)</sup>。

有明海の環境変化と諫早湾干拓調整池の潮受け堤防

平成25年11月1日受理

\*工学系研究科システム創成科学専攻

\*\*工学系研究科都市工学専攻

©佐賀大学大学院工学系研究科

の閉め切りとの因果関係が指摘されつつも詳細については未解明となっており、開門時の調整池内の水質予測が急務となっている。特に環境影響評価の観点からは懸濁性物質の挙動に関する知見が不足していること、周辺海域における堆積状況についての影響も懸念されていることから、調整池内の懸濁性物質の挙動については現象解明の観点から課題が残されているようである。本論文では、調整池内の懸濁性物質濃度の沈降・巻き上げ現象について基礎的知見を得た後、海水導入に伴う懸濁性物質濃度の予測について考察を試みた。

## 2. 調整池の概要

有明海は、我が国最大の潮位差を有しており、その有明海西部の諫早湾で干拓事業が行われている。全長 7,050m の潮受堤防で閉め切られ、更に潮受堤防で閉め切った湾奥部の 3,550ha の一部を 17,600m の内部堤防で再び閉め切ることにより、土地 (1,840ha) と調整池 (1,710ha) が造成された<sup>(1)</sup>。調整池は、背後低平地における高潮・洪水・常時の排水不良に対する防災機能を図るために調整池水位は、TP-1.0m となるように管理されている。

Table 1 流域面積一覧表<sup>(15)~(18)</sup>

流域区分	本明川水系	境川水系	深海川水系	山田川水系
水系全体流域面積 (km <sup>2</sup> )	88.5	19.2	42.6	62.8
測水所流域面積 (km <sup>2</sup> )	35.8	16.7	6.8	9.1
調整池	調整池面積: 26.0(km <sup>2</sup> ) 常時貯水量(T.P.-1mに保った場合): 2,900万(m <sup>3</sup> )			

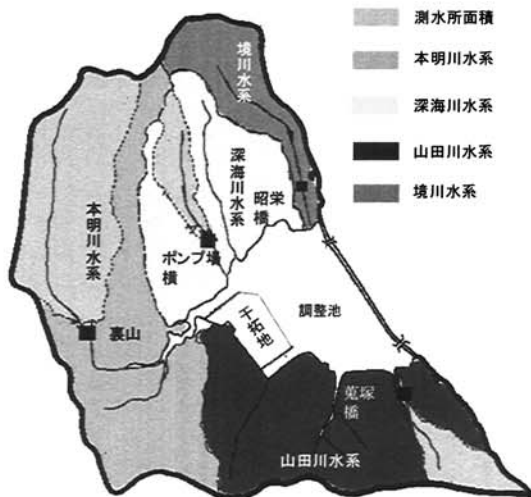


Fig. 1 水系区分図

## 3. 諫早湾干拓調整池への淡水流入量と海水浸透量

Fig. 1, Table 1 に流域と諫早湾調整池 (以下、調

整池) の概要を示す。調整池に水質計算を行う際に用いた連続式は以下のとおりとした<sup>(15)~(18)</sup>。

$$dV(t)/dt = Q_m(t) - Q_{out}(t) + Q_{in}(t) + Q_r(t) \quad (1)$$

ここで、

$V(t)$ : 調整池容量 [L<sup>3</sup>]  $Q_m(t)$ : 陸域からの流入量 [L<sup>3</sup>/T]

$Q_{out}(t)$ : 調整池からの流出量 [L<sup>3</sup>/T]

$Q_{in}(t)$ : 海水浸透量 [L<sup>3</sup>/T]

$Q_r(t)$ : 日降雨量 × 調整池面積 [L<sup>3</sup>/T]

調整池の流入負荷等の境界条件の設定に際しては、日流量、降雨量等の実測データが必要となるが、流量観測データ整備が十分でなかったことから、本研究では、タンクモデルで得られた流量データを入力データとして用いた。タンクモデルは、5 段直列タンクモデル (流出口は各タンクとも 2 孔) とした。なお、タンクモデルは、本明川流域、鏡川流域、深海川流域、山田川流域に各々設定した<sup>(15)~(18)</sup>。

調整池の連続の式については、式-(1)に示すように降雨由来の陸域からの流入量に加えて、有明海からの海水浸透量も考慮した。有明海からの海水浸透量の算定については、調整池への海水浸透量がダルシー則に従うとして次式により与えた。調整池の容量は、水位の日データから算出した。

$$Q_{in}(t) = K \cdot (h_1(t) - h(t)) \quad (2)$$

ここで、

$K$ : 総括的透水係数 [L<sup>2</sup>/T]

$h_1(t)$ : 諫早調整池の日平均 外水位 [L]

$h(t)$ : 調整池の日平均水位 [L]

総括的透水係数に相当する係数 (一定値) は、調整池内の実測塩化物イオン濃度と比較検討することにより求めるものとし、再現検証を行った結果、調整池内の塩化物イオン濃度の再現結果は良好であることが分かった。総括的透水係数 [L<sup>2</sup>/T] は、次元的には、透水係数 [L/T] × 浸透面積 [L<sup>2</sup>] / 浸透長 [L] で表現される。浸透経路などが不明なために、透水係数に対する見積もりは困難であるが、この値を一定値とすることは、浸透経路と透水性がさほど変化していないことを示している。

以上の検討結果を踏まえて調整池内の水質計算を行うものとした。

## 4. 水 質 予 測 モ デ ル

### 4-1 モデル構築

諫早湾干拓地調整池では、5地点において週1回、表層部の水質観測が実施されている<sup>(2)</sup>。ここで、本明川河口部付近を除く4地点では、ほぼ同様の変化を示しており、水平方向の濃度分布はほとんどないものと考えられた。また、鉛直方向にも濃度分布が同程度で推移している。水深が平均1.4mと比較的浅く躍層ができていたとは考えにくいことから、一池完全混合モデルとしてモデル構築を行うものとした。

調整池に対する連続の式は、河川流入量、海水浸透量、調整池容量、調整池からの流出量で満足させた。調整池内での収支要因としては、海域、降雨、大規模点源、堤体浸透による流入及び、河川の集水域からの流入、水位調整による流出、湖底への沈降、湖底からの溶出及び巻き上げ、脱窒が考えられる。各水質項目流入負荷はL-Q回帰式で与えるものとした<sup>(15)~(25)</sup>。

対象水質項目は、以下の理由により、濁り（SS濃度）とした。

(1)濁りは、他の水質項目との関連性が弱く、かつ、沈降と巻き上げのみによって左右されるため、予測モデルの総括が比較的容易であるが、現在公表されている「諫早湾干拓事業の潮受け堤防の排水門の開門調査に係る環境影響評価」評価書においては、調整池内での予測について充分論じられていない。

(2)濁りは、底泥の形成（特に河口域や汽水域）と密接に関係し、諫早湾干拓調整池の底質管理（本明川の河川管理）の観点からも影響評価において重要な意味を持つ。

(3)開門に係る調整池、諫早湾、有明海（特に湾奥部）の水質に及ぼす影響は、水質濃度の変化から見て感度が低い（変化量が小さく定量性が低い）ものの、底質（底泥の形成）に対しては、ストックとしての影響が時間積分値として現れることから、SSの堆積過程を把握することは、特に重要である。

(4)SS濃度は、密度成層や水中照度にも関係する。特に、密度成層の存在を前提として水質予測を行うには、水温、塩分と併せてSS濃度も密度に含まれるため（成層下での）溶存酸素濃度の変化（DO濃度減少）にも影響を与える。

### 4-2 モデル基礎式及び検証

ここでは、塩化物イオン濃度を考慮したSSの凝集沈降をモデルに組み込むことにした。SSの沈降輸送速度 $J_{ss}$  [M/(L<sup>2</sup>T)]、は下式で与えた。ただし、 $J_{ss}$ に対する塩化物イオン濃度の適用範囲は、実測データの示す範囲、すなわち塩化物イオン濃度で2,000mg/l以下を想定している。

$$J_{ss}(t) = u_{ss} \cdot (1 + \alpha_{ss} \cdot Cl(t)) \cdot SS(t) \quad (3)$$

ここで、

$u_{ss}$ : 淡水時の沈降速度（一定値）[L/T]

$\alpha_{ss}$ : 凝集沈降係数（一定値）[L<sup>3</sup>/M]

$Cl(t)$ : 塩化物イオン濃度  
(海水浸透量から得られる計算値)[M/L<sup>3</sup>]

$SS(t)$ : 懸濁性物質濃度 [M/L<sup>3</sup>]

底泥からの再回帰については、溶解性物質の溶出と懸濁性物質の風による巻き上げを考慮した。溶出速度は底泥や底層付近の溶存酸素の情報が不足していること、そしてモデルを簡便化する意味で水温の関数で与えた。巻き上げ速度 $J_{res}$  [M/(L<sup>2</sup>T)]は、所定の限界速度を越えた時のみ巻き上げが生じるものとして、さらに、特定の風向の時に巻き上げが最大となるように風向の重み付けを行った。風向・風速データは島原観測地点（調整池から約20km地点）の実測値を用いた。

$$J_{res}(t) = \beta \left( \frac{U_*^2(t)}{U_{*c}^2} - 1 \right)^m \cdot f_w(w_d(t)) \quad (U_* \geq U_{*c}) \quad (4)$$

$$= 0 \quad (U_* < U_{*c})$$

ここで、

$\beta$ : 係数 [M/L<sup>2</sup>/T]  $U_*(t)$ : 日平均風速 [L/T]

$U_{*c}(t)$ : 限界風速 [L/T]  $f_w(w_d)$ : 風向係数 ( $0 < f_w < 1$ ) [-]

$w_d$ : 日平均風向 [L/T]  $m$ : 指数 [-]

風向係数 $f_w$  [-]は、下式で与えた。

$$f_w(w_d) = (1 - 0.5 \cdot w_c \cdot (1 - \cos(W_m - W_d(t)))) \quad (5)$$

ここで、

$w_c$ : 風向重み係数 ( $0 \leq w_c \leq 1$ ) [-]

$w_m$ : 最大巻き上げとなる 風向方位 [-]

流入負荷は水質観測地点の  $L$  (g/sec)  $\cdot Q$  (m<sup>3</sup>/sec) 式に水質観測地点の集水面積と各流域面積との比を乗じて与えた。なお、本明川水系については、本明川河口地点でのL-Q式を用いた<sup>(15)</sup>。  $L = a \cdot Q^b$  とした時の  $a$  と  $b$  の一覧を Table 2 に示す。



以下に、本研究で用いた水質モデルの基礎式を示す。水質パラメータを Table 3 に示す。表に示すパラメータは、後述するように実測値との再現性から定めたものであり、計算対象期間、年度や季節的に変えず、固定して計算した。

Table 2 SS の a, b 一覧表<sup>(15)~(18)</sup>

	本明川水系 (河口地点)		境川水系 (昭栄橋地点)		深海川水系 (ポンプ場横地点)		山田川水系 (菟塚橋地点)	
	a	b	a	b	a	b	a	b
SS	2390	2.72	1410	2.64	2170	2.64	4060	2.95

Table 3 水質パラメータ<sup>(15)~(18)</sup>

パラメータ	説明			設定値
$u_{ss}$	沈降速度(m/day)			SS(淡水時) 0.04
$\alpha_{ss}$	凝集沈降係数(mg/l) <sup>-1</sup>			0.0008
$J_{res}$	巻き上げ (m=1)	限界風速	$u_{ec}$ (m/s)	2.5
		速度係数	$\beta$ (g/m <sup>2</sup> ・day)	100
		風向重み係数[-]	wc	0.75
		最大巻き上げ風向方位	wm	NE

Table 3 の水質パラメータをもとに平成 10 年(1998 年)~平成 13 年(2001 年)における凝集沈降、巻き上げ現象を考慮した SS 濃度の再現検証を行った結果を Fig. 2 に示す。計算値は実測値と概ね合致しており、良好な再現検証結果が得られた。

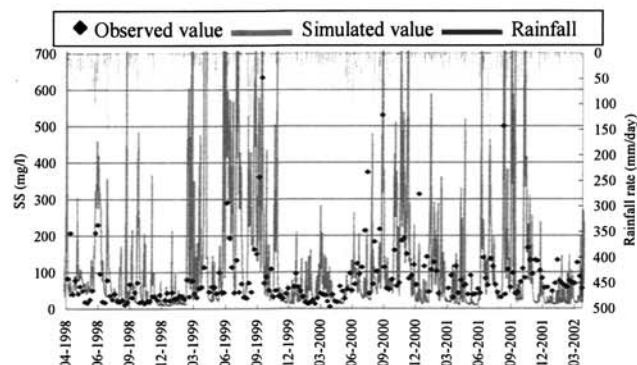


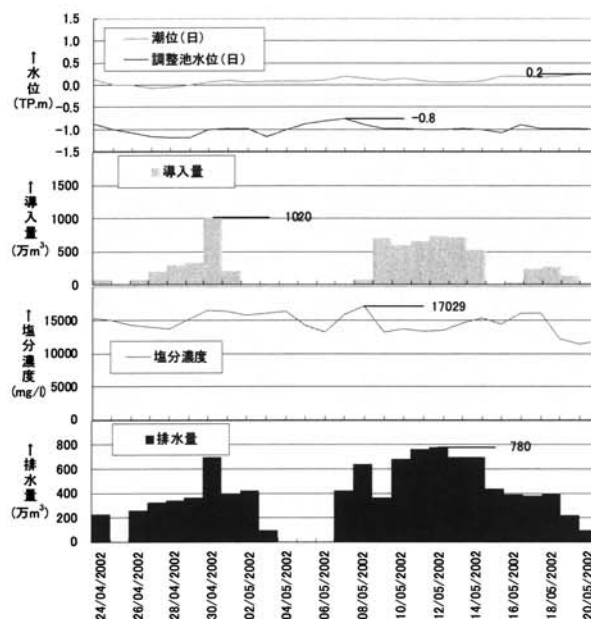
Fig. 2 SS 濃度検証図

#### 4-3 モデル詳細検証

短期開門調査が平成 14 年 4 月 24 日から 5 月 20 日まで調整池に海水を導入し、水質、水位等の観測が実施され、海水導入終了後も引き続き調整池及び海域の水質等の変化が観測された。本研究は、将来開門された時の水質変化予測を目的としていることから、短期開門調査時に着目した詳細再現検証を試み水質予測モデルの構築を行うものとした。短期開門調査時の日平均の潮位(諫早湾)、調整池水位、

海水導入量と排水量、塩分濃度は Fig. 3 のとおりであり、モデル計算条件に反映するものとした。

実測値との再現性を高めるための水質パラメータ設定は、既往研究成果を参考にして最終的には実測値との比較を行いつつ試行錯誤に頼らざるを得ない。よって、現象解明のためには、再現性の高い計算結果と併せて感度分析が必要となる。本研究では、以下に示すケース 1), 2) の感度分析結果を用いて考察を行うものとした。

Fig. 3 日水位・導入量・排水量  
(平成 14 年 4 月~5 月: 短期水門開門調査時)

#### ケース 1)

流入負荷の調整池水質に及ぼす影響: 水質モデルにおける反応項を全て 0 として流出入負荷のみによって検証計算する。このことにより、調整池内における物質輸送・変換特性に及ぼす素過程(沈降・巻き上げ)の寄与度を大略的に推察する。

#### ケース 2)

SS 濃度の凝集沈降、巻き上げの及ぼす影響: ケース 1 に加え、SS 濃度の変化を塩化物濃度を考慮した凝集沈降及び風による巻き上げを導入することにより、再現性の向上を試みる。

#### 4-4 モデル詳細検証結果及び考察

ケース 1) の SS の流入負荷のみを与えて得られた調整池 SS 濃度変化を Fig. 4. 1) に示す。図から分かるように、全般的な傾向として降雨由来による濃度増加が計算値、実測値共に認められ、かつ、双方の濃度レベルも概ね同等であることが分かる。また、

一時期ではあるが、計算値より高い実測値が存在すること、及び流入負荷のみで、この瞬間的な濃度上昇を再現できないことから、風による底泥からの巻き上げ現象が確認される。当然のことではあるが、高濃度期から低濃度期への濃度変化は沈降によるものである。いずれにしても、沈降と巻き上げの双方を考慮しつつ、パラメータ調整を行わなければならないことが分かる。

ケース 2) で得られた結果及び SS の再現結果 (Table 3 のパラメータを使用) を各々 Fig. 4. 2) a, b に示す。これらの結果とケース 1) との違いは、沈降と巻き上げを考慮していることであり、ケース 2) の場合は、SS の沈降速度を塩化物イオン濃度変化を考慮した凝集沈降速度として設定し、巻き上げ速度については、式 (4) で設定したものをを用いている。

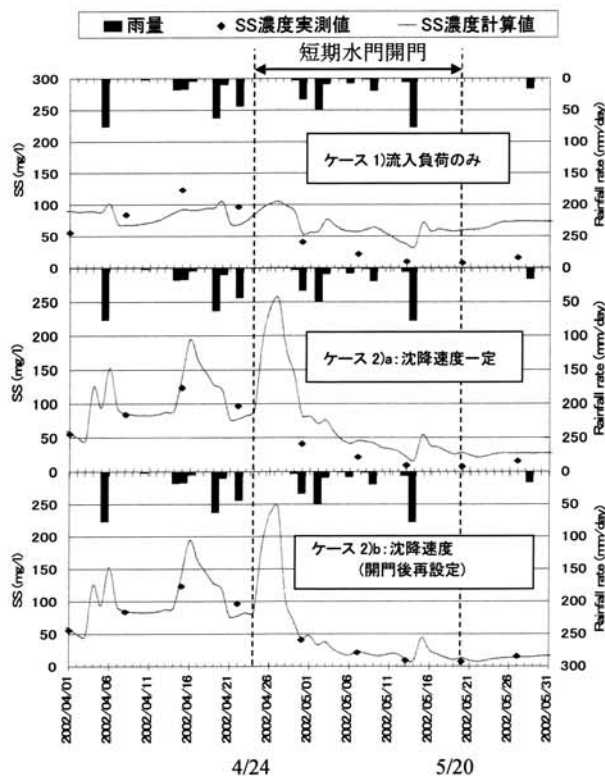


Fig. 4 SS 濃度検証図

(平成 14 年 4 月～5 月：短期水門開門調査)

ケース 2) a は、沈降速度を 0.04m/day 一定としたケース (塩分濃度による沈降速度の変化は考慮していない) であるが、ケース 1) に比べ開門前の再現性は向上しているものの、開門中 (4 月 24 日～5 月 20 日) において計算値が実測値に比べ高めに乖離している状況が分かる。このことから、開門前後において、凝集沈降量の変化が示唆された。そこで、開門

前後において凝集沈降現象のパラメータとなる沈降速度に塩分を考慮して変化させることにより再現性向上を試みることにした。その結果、開門前の沈降速度 0.04m/day 一定から開門中の沈降速度を塩分濃度の関数として再設定することにより、ケース 2b) のように再現結果の向上を確認することができた。このことは、調整池内の SS 濃度が、開門による海水導入と風による巻き上げで一時的に上昇し、その後、凝集沈降による濃度低下現象が表現され、良好な再現結果が得られたものと考えられる。

## 5. 開 門 後 に お ける 水 質 予 測

### 5-1 水質予測の方法

諫早湾干拓事業潮受堤防水門の開門に伴う調整池内における懸濁性物質の変化について予測を試みることにした。水門開門後は、諫早湾から調整池への海水導入、逆に調整池から諫早湾への排水が繰り返されることになるが、現在公表されている「諫早湾干拓事業の潮受け堤防の排水門の開門調査に係る環境影響評価」評価書によると、開門前後における濁りの変化は小さいものの諫早湾排水門周辺では SS 濃度が増加すると予測されている<sup>(13), (14)</sup>。その SS 濃度の増加要因として、開門後における諫早湾から調整池内への海水導入に伴う調整池内の SS 濃度の変化によるものと考えられることから、開門後における調整池内の水質予測が重要と考えられる。そこで、構築した水質モデルをもとに、開門前 (= 現況) 及び開門後 (= 予測) における調整池内の SS 濃度を推定・比較するものとした。

### 5-2 水門の開門方法

水門の開門方法については、以下の開門方法によるものとした<sup>(13), (14)</sup>。(Fig. 5 参照)

- (1) 下げ潮時に潮位  $\geq$  EL-1.0m の場合、閉門し、調整池水位を EL-1.0m で管理する。
- (2) 下げ潮時に潮位  $<$  EL-1.0m の場合、開門 (排水) し、調整池水位を下げていく。
- (3) 下げ潮時に調整池水位 = EL-1.2m となったら、閉門し、調整池水位 = EL-1.2m で管理する。
- (4) 上げ潮時に潮位  $\geq$  EL-1.2m の場合、開門 (導水) し、調整池水位を上げていく。
- (5) 上げ潮時に潮位  $\geq$  EL-1.0m の場合、閉門し、調整池水位を EL-1.0m で管理する。

### 5-3 水質予測結果及び考察

調整池内の短期開門後の海水導入に伴う予測結果を Fig. 6 に示す。この図における SS 濃度の現況とは、海水を導入しない現況での SS 濃度の再現結果であり、実測値との再現性を確認したものである。

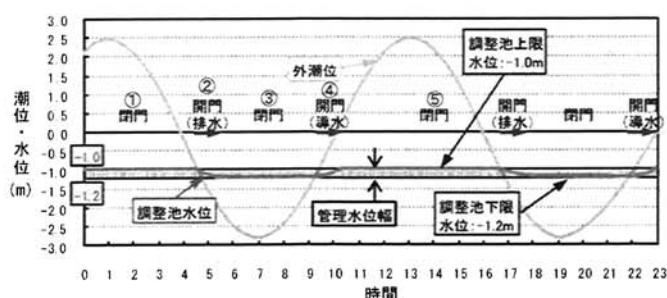


Fig. 5 水門の開門方法

この図から海水導入に伴い調整池内のSS濃度は、現況（海水導入前）に比べ低下する傾向となった。このことは、現況では、閉鎖性の強い水域であり現在の調整池SS濃度は、風による巻き上げ現象が支配的となっていること、一方、海水導入に伴う、希釈、凝集沈降によってSS濃度が低下したものと推察された。本研究では、海水導入に伴いフロック状の粒子群が堆積し（高含水率の底泥）、巻き上げ量も変化することが想定されるが、基礎資料が充分でないため、本報ではそのことは考慮していない。

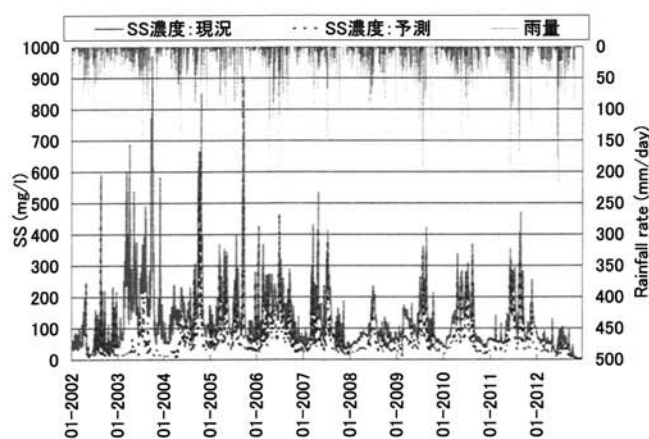


Fig. 6 SS濃度：現況及び予測（推定値）

## 6. お わ り に

本研究において、開門に伴う、懸濁性物質濃度に着目した調整池内の水質変化予測を試みた。水質予測にあたっては、現況の水質挙動の再現と平成14年4～5月に実施された短期開門調査時の実測値を概ね再現可能となることを確認した後、海水導入に伴うSS濃度予測を試みた。今回のモデルは、短期開門調査期間を対象として設定されたものであり、長期に至るパラメータ設定は、実測データの収集に加え感度分析等による検証が必要不可欠である。

## 参 考 文 献

- (1) 諫早湾干拓調整池等水質委員会 検討結果の取りまとめ、諫早湾干拓調整池等水質委員会 平成19年12月
- (2) 「諫早湾干拓事業 環境モニタリングHP」  
<http://www.maff.go.jp/kyusyu/nn/isahaya/kankyo/monitoring.html>
- (3) 李供源, 松永信博: 諫早湾底泥の酸素消費速度, 土木学会論文集 B Vol.66, No.4. pp.335-343 2010
- (4) 多田彰秀, 阿部和也, 中村武弘, 竹之内健太: 2008年夏季に諫早湾で発生した赤潮及び青潮と水質動態の関連について, 土木学会論文集 B Vol.65, No.1. pp.961-965 2009
- (5) 李供源, 松永信博: 諫早湾の底泥環境特性, 土木学会論文集, 土木学会論文集 B, Vol. 66, No. 4, pp.321-334, 2010
- (6) 多田彰秀, 中村康裕, 阿部和也, 田井明, 鈴木誠二, 中村武弘: 淡水流入が諫早湾の水質動態に及ぼす影響について, 土木学会論文集 B2 海岸工学 Vol.66, No.1, pp.366-370, 2010
- (7) 李供源, 樋口秀太郎, 松永信博: 南風により諫早湾南岸で発生した低酸素水塊の湧昇, 土木学会論文集, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. B2-65, No.1, pp.406-410, 2009
- (8) 坪野考樹, 吉井匠, 松山昌史, 坂井伸一, 多田彰秀: 海陸風と海洋レーダーで観測された諫早湾口周辺の表層の日周潮流速, 土木学会論文集, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. B2-65, No.1, pp.401-405, 2009
- (9) 秋元和實, 野村律夫, 田中正和, 島崎秀行, 滝川清: ラジウム放射能比解析による諫早湾内の堆積作用特性, 土木学会論文集, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. B2-65, No.1, pp.1101-1105, 2009
- (10) 李供源, 奥田和久, 松永信博: 2009年夏季における諫早湾底泥の環境特性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol. 66, No.1, pp.1061-1065, 2010
- (11) 短期開門調査報告書(概要版), 九州農政局 平成15年5月
- (12) 有明海再生機構の中間まとめ, 特定非営利活動法人有明海再生機構 平成23年4月26日版
- (13) 「農林水産省 HP (諫早湾干拓事業の潮受堤防の排水門の開門調査に係る環境影響評価準備書)」  
<http://www.maff.go.jp/kyusyu/nn/isahaya/assess/assess01.html>
- (14) 「農林水産省 HP (諫早湾干拓事業の潮受堤防の排水門の開門調査に係る環境影響評価書)」  
<http://www.maff.go.jp/kyusyu/seibibu/isahaya/as-seaa07.html>
- (15) 「諫早湾干拓調整池の水質予測に関する研究」～佐賀大学修士論文 平成22年3月 本多晃一
- (16) Ittisukananth P., K. Koga, N. Vongthanasunthorn. Study on algal growth in Isahaya reservoir. Lowland Technology International Journal, Vol.10, No.2, pp.993-994, 2008.
- (17) Ittisukananth P., K. Koga, N. Vongthanasunthorn, W. Liengcharernsit, T. Ishii and J. Noguchi. Study on the dominant algal species in the reservoir of the Isahaya-Bay

- Sea Reclamation Project. Proceedings of the International Symposium on Lowland Technology, Korea pp. 663-669, 2008.
- (18) Y. Mitsugi, N. Vongthanasunthorn, Y. Misima, K. Koga, H. Araki and P. Ittisukananth. Basic study on water quality management in the reservoir of the Isahaya Bay Land reclamation project. International Symposium on Lowland Technology Bali, Indonesia., pp. 993-994, 2012
- (19) 「諫早湾干拓調整池における Chl-a 濃度と植物プランクトンの挙動に関する基礎的研究～佐賀大学卒業論文 平成 20 年 3 月 本多晃一
- (20) 山崎良和, 野口潤二, LPatchraporn, 古賀憲一: 諫早湾干拓調整池の水質・底質モデル, 平成 19 年度土木学会西部支部概要集, pp. 985-986, 2008, 3
- (21) 野口潤二, 山崎良和, LPatchraporn, 古賀憲一, 本多晃一: 諫早湾干拓調整池の藻類挙動に関する研究, 平成 19 年度土木学会西部支部概要集, pp. 983-984, 2008, 3
- (22) 本多晃一, 古賀憲一, 山崎良和, 野口潤二, LPatchraporn: 諫早湾干拓調整池の藻類計算に関する基礎的研究, 平成 20 年度土木学会西部支部概要集, pp. 993-994, 2009, 3
- (23) Ittisukananth P., K. Koga, N. Vongthanasunthorn and W. Liengcharernsit. Study on water quality analysis in the reservoir of Isahaya-Bay Sea Reclamation Project. Proceedings of the International Symposium on Lowland Technology, Saga University, pp. 407-414. 2006.
- (24) Ittisukananth P., K. Koga, N. Vongthanasunthorn, W. Liengcharernsit and T. Ishii. Study on water quality and Chattonella in the Ariake Sea using water quality model. The reports of the faculty of science and engineering Saga University, Vol. 36, No.1, pp. 53-58, 2007.
- (25) Ittisukananth P., K. Koga, H. Araki, H. Yamanishi, N. Vongthanasunthorn, W. Liengcharernsit and T. Ishii. Basic study on cyst formation of Chattonella antiqua in the Ariake Sea using water quality model. Proceeding of 36th Annual Meeting of Environmental Systems Research, pp. 255-264, 2008.